

Approved For Release STAT
2009/08/19 :
CIA-RDP88-00904R000100120

Dec

Approved For Release
2009/08/19 :
CIA-RDP88-00904R000100120



Вторая Международная конференция
Организации Объединенных Наций
по применению атомной энергии
в мирных целях

A/CONF/15/P/2085
USSR
ORIGINAL: RUSSIAN

25 YEAR RE-REVIEW

Не подлежит оглашению до официального сообщения на Конференции

О ДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА КАУЧУКИ И РЕЗИНЫ

I

А.С.Кузьминский, Т.С. Никитина, Е.В.Журавская,
Л.А.Оксентьевич, Л.Л.Суница, Н.И.Витушкин

За последние годы получили значительное развитие как в СССР, так и за рубежом работы по изучению действия излучений на высокополимерные материалы и, в частности, на каучуки и резины (1 - 8).

Настоящее исследование выполнено на ряде последовательно усложняющихся систем, включающих исходные каучуки, смеси каучуков с некоторыми ингредиентами вулканизирующей группы, вулканизаты с разной природой поперечных связей, каучуки, наполненные различными сажами.

В работе исследовались процессы, протекающие в полимерах под действием рентгеновского и γ -излучения. Изучены структурные превращения следующих каучуков: натрий-бутадиенового -СКБ, бутадиенстирольных - СКБ-30 и СКБ-50 (содержание стирола в исходной полимеризационной смеси 30 и 50%), бутадиен-нитрильного СКН-26 (26% нитрила акриловой кислоты в исходной смеси), натурального-НК (смокедшита), полидиметилсилоксанового-СКТ и фторкаучука типа Kellogg-F.

В качестве источников ионизирующего излучения использованы мощные рентгеновские установки с параметрами: 80 кВ и 200 ма и установка Co^{60} с общей активностью 21000 г-экв. Мощности доз: для рентгеновских установок - 2000 р/сек, для установки Co^{60} от 1060 до 100 р/сек.

На рис. 1 представлены кривые, характеризующие изменение в процессе облучения указанных каучуков высокоэластического модуля, равновесного величина которого пропорциональна количеству поперечных химических связей в единице объема в степени 3/2 (принимая, что число случайных переплетений ничтожно по сравнению

-2-

с количеством поперечных химических связей).

Как следует из этих данных, наибольшей скоростью радиационной вулканизации в исследованном ряду каучуков обладает СКТ и наименьшей — НК. Для последнего, очевидно, следует учитывать одновременно протекающий с сопоставимой скоростью процесс деструкции из-за наличия в цепи полимера, не связанного с водородом углеродного атома. Вследствие этого суммарное количество образующихся поперечных связей в единице объема оказывается значительно меньшим, чем у полимера, содержащего в своем составе ароматические кольца (СКС) и являющегося наиболее радиационнотойким среди исследованных каучуков.

Весьма интересные результаты получаются при определении расхода двойных связей в процессе радиационной вулканизации СКБ, СКС-30, СКС-50 и НК в присутствии воздуха при действии рентгеновского излучения. Данные по изменению содержания двойных связей в этих каучуках, полученные химическим методом (титрование γ В γ) и с помощью ИК-спектроскопии, однозначно указывают на очень быстрое расходование двойных связей в первой стадии облучения (до дозы 50-80 Mr) с последующим резким его замедлением при дальнейшем увеличении дозы (рис. 2).

Определение расхода двойных связей на 100 эв поглощенной энергии для первой стадии дает величины, отвечающие протеканию цепных процессов; затем G (двойных связей) быстро падает.

Выход же поперечных связей G (поперечных связей) для всего процесса не превышает нескольких единиц (табл. I).

-3-

Таблица I

Радиационно-химические выходы поперечных связей и изменение расхода двойных связей для некоторых каучуков в процессе облучения

Интервал доз Mr	G (-двойных связей)				G (поперечных связей)		
	СКБ	СКС-30	СКС-50	НК	СКБ	СКС-30	НК
0-20	325	265	90	65	2,0	2,0	0,40
20-40	200	122	67	52	3,4	2,8	0,55
40-60	74	71	50	44	4,5	2,3	0,70
60-80	42	53	41	42	5,0	2,3	0,65
80-100	30	34	30	34	6,0	1,6	0,70
100-150	18	14	12	29	7,0	1,4	0,80
150-200	8	2	5	-	8,3	0,8	0,45
200-300	5	2	2	-	10,0	0,6	0,60

Этих данных недостаточно для решения вопроса о причине такого быстрого расхода двойных связей и о механизме сшивания ненасыщенных полимеров. Однако несомненно, что имеющееся большое количество двойных связей в исследованных каучуках не принимает заметного участия в процессе сшивания. Действительно, быстрое расходование двойных связей в начальных стадиях облучения не влечет за собой резкого снижения скорости сшивания, которая меняется незначительно вплоть до получения полимеров с весьма плотной пространственной сеткой. В этом заключается принципиальное отличие радиационной вулканизации от серной, при которой процесс образования поперечных мостиков непосредственно связан с наличием и расходованием двойных связей.

Облучение бутадиенового каучука без антиоксидантов в отсутствие воздуха на γ -источнике Co^{60} (при разных температурах) дает еще больший расход двойных связей, чем в предыдущем случае.

Величины G (двойных связей), определенные химическим путем, и выходы поперечных связей для этого же интервала температур (доза 2 Mr), вычисленные из индекса сшивания $\chi(g)$ по данным для растворимости, приведены в табл. 2.

-4-

Таблица 2

Радиационно-химические выходы поперечных связей и изменение расхода двойных связей в бутадиеновом каучуке (СКБ) при разных температурах
(Доза 2 Mr)

Радиационно-химические выходы	Температура °C				
	-180	-70	0	85	125
G (-двойных связей)	1500	3300	4300	5000	6000
G (поперечных связей)	1,0	1,25	1,70	2,3	3,25

На рис. 3 показана зависимость между скоростью расхода двойных связей в этом каучуке и температурой для дозы 2 Mr.

Специфическое влияние на скорость радиационной вулканизации каучуков оказывают ингредиенты вулканизирующей группы.

Нами было обнаружено, что введение в каучук серы приводит к снижению скорости образования поперечных связей, причем этот эффект заметно сказывается уже при малых количествах серы в смеси (0,5 + 1,0%) и остается без дальнейшего изменения при добавлении серы до 3%. Исследование полученных вулканизатов показало, что в процессе облучения происходит химическое присоединение серы к каучуку. Еще большее снижение скорости радиационной вулканизации наблюдается при введении в каучук тетраметилтиурамдисульфида; меркаптобензотиазол практически не оказывает влияния на скорость этого процесса, в то время как дифенилгуанидин несколько ее увеличивает.

Результаты влияния этих ингредиентов на скорость радиационной вулканизации приведены на рис. 4.

Эффект снижения серой и тетраметилтиурамдисульфидом скорости радиационного структурирования наблюдается и в том случае, когда облучению подвергаются ненаполненные вулканизаты, полученные обычным способом с применением этих вулканизирующих агентов.

Нами исследовались изменения в процессе облучения поли-и моносульфидных вулканизатов, а также термовулканизатов СКБ с одинаковой исходной густотой пространственной сетки. При этом во всех типах вулканизатов происходит дальнейшее структурирование, как

-5-

показано на рис. 5. Однако наличие связанной серы приводит к снижению скорости этого процесса, причем наиболее сильный эффект наблюдается в случае полисульфидных вулканизатов.

Сравнение результатов, полученных для экстрагированных и неэкстрагированных полисульфидных вулканизатов, показывает, что присутствие свободной серы еще больше уменьшает скорость дальнейшего радиационного структурирования.

Облучение при температуре выше 100°C приводит к значительному увеличению скорости дальнейшего структурирования для моносulfидных и термовулканизатов СКБ и очень мало меняет скорость процесса в полисульфидных вулканизатах.

В табл. 3 приведены данные по изменению плотности сеток в исследованных вулканизатах во время облучения при нормальной и повышенной температурах.

Таблица 3

Радиационно-химические выходы образующихся поперечных связей при облучении вулканизатов СКБ с различной природой сетки

Интервал доз Mr	G поперечных связей (термовулкани- зат) 25°C	G поперечных связей (моносulfид) 25°C 125°C		G поперечных связей (полисульфид) 25°C 125°C	
		25°C	125°C	25°C	125°C
0-10	2,0	8,0	6,2	-	-
10-25	1,0	1,7	7,5	2,3	-
25-50	3,0	4,3	16,5	1,3	2,5
50-75	6,3	6,5	-	0,6	-
75-100	-	6,7	8,3	0,8	2,0
100-150	24,5	-	-	-	12,5
150-200	-	17,5	-	2,3	-

Общий эффект снижения скорости радиационного структурирования в присутствии серы и некоторых серусодержащих соединений в противоположность их ускоряющему действию при серной ("химической"*)

* Под термином "химическая" вулканизация мы понимаем все остальные виды вулканизации: серная, перекисная, с помощью окислительно-восстановительных систем и т.д.

-6-

вулканизации, очевидно, следует приписать различному механизму действия серы в этих процессах. Так, при серной вулканизации, по-видимому, под действием тепла происходит раскрытие циклов S_8 с образованием бирадикалов серы с разным числом атомов S , которые взаимодействуют с двойными связями каучука с образованием поперечных мостиков. При радиационном же воздействии, в результате отсутствия избирательности в поглощении излучения, подавляющее количество радикалов возникает в полимере; эти более активные макрорадикалы, взаимодействуя с серой, превращаются в малореакционноспособные, и дальнейший процесс сшивания замедляется.

Тот весьма интересный факт, что моносulfидные вулканизаты более устойчивые к термическому воздействию (по сравнению с полиsulfидными) оказываются менее радиационностойкими можно понять, исходя из общих соображений об антибатности реакционных способностей sulfидов и образующихся из них радикалов.

Полисulfидные связи (энергия связи 27 ккал/моль), которые легко рвутся при повышенных температурах, должны давать мало реакционноспособные радикалы; возможное выделение при этом серы также способствует снижению скорости структурирования по вышеописанной схеме.

Моносulfидные вулканизаты, характеризующиеся значительно более прочными связями (54 ккал/моль), образуют при их разрыве реакционноспособные радикалы, которые могут отрывать водород от полимерных цепей и, таким образом, регенерировать углеводородные макрорадикалы. Скорость дальнейшего структурирования в таких вулканизатах должна мало отличаться от скорости процесса в термовулканизатах, что мы действительно и наблюдали.

Вероятность разрыва моносulfидных связей при радиационном воздействии определяется главным образом их относительным содержанием в полимере, так как энергия квантов намного превышает величину энергии этих связей. При термическом же воздействии для разрыва этих связей необходимы гораздо более высокие температуры, чем для разрыва полисulfидных связей, что и определяет разную термостойкость этих вулканизатов.

Весьма эффективными наполнителями при радиационной вулканизации каучуков являются углеродные сажи.

Нами было установлено, что в отличие от "химической" вулканизации, когда способность саж связываться с каучуком крайне огра-

-7-

ничена и главным образом определяется природой их поверхности, сажи при радиационной вулканизации, независимо от их типа, участвуют в образовании пространственной сетки.

Если для "химической" вулканизации образование химических связей каучук-сажа происходит в весьма небольшом количестве за счет кислородсодержащих групп сильно окисленных саж (например, канальной), то при радиационной вулканизации практически для любых саж характерно образование сплошной пространственной сетки, включающей связи как полимер-полимер, так и полимер-сажа.

Плотность образующейся сетки в сажевых вулканизатах пропорциональна весовому количеству вводимой сажи и сравнительно мало зависит от величины и природы их поверхности.

На рис. 6 приведены данные по скорости образования пространственной сетки при радиационной вулканизации различных каучуков (НК, СКС-30, СКБ, СКН-26), содержащих 50 в.ч. канальной и ламповой сажи на 100 в.ч. полимера.

Выбранные сажи весьма значительно различаются как по удельной величине поверхности, так и по ее природе. Характеристика саж приведена в табл. 4.

Таблица 4

Характеристика саж, примененных при радиационной вулканизации различных каучуков

С а ж и	Уд.поверх- ность, м ² /г	Элементарный состав, %		
		С	Н	О
Канальная (Ухта)	93	95,4	0,77	3,4-3,7
Печная (Дашава)	36	98,9	0,25	0,7
Ламповая	20	99,0	0,80	0,20
Термическая (Ухта)	11	99,4	0,57	0,1

Участие всех саж независимо от их природы в образовании пространственной сетки при радиационной вулканизации обусловлено, по-видимому, тем, что при облучении происходит существенное изменение самой поверхности саж, образование новых химических групп, радикалов. Все это приводит к возникновению химических связей между молекулярными цепями каучука и поверхностью частиц саж.

-8-

Полученное нами резкое возрастание равновесного модуля для всех наполненных вулканизатов, результаты по химической релаксации термо- и радиационных вулканизатов* и возможность получать модифицированные сажи путем радиационного "пришивания" на их поверхности различных химических соединений** подтверждает высказанное выше предположение об образовании в процессе облучения значительного количества химических связей каучук-сажа.

На рис. 7 показаны скорости химической релаксации при 130°C термического (бессерного) и радиационного вулканизатов на основе СКБ с 50 в.ч. ламповой сажи. Как видно из приведенных данных, скорости химической релаксации этих резин весьма сильно различаются. Это, очевидно, определяется тем, что возникновение химических связей каучук-сажа, которое возможно только в одном из двух рассматриваемых случаев—при радиационной вулканизации—приводит к закреплению молекулярных цепей полимера на поверхности саж, что внешне проявляется в резком снижении скорости химической релаксации в таких вулканизатах.

Известно, что разрушение химических связей при деформации резин сопровождается релаксацией напряжения, в результате распада связей каучук-сажа, обусловленных силами Ван-дер-Ваальса. Образование же химических связей каучук-сажа при радиационной вулканизации исключает возможность такой релаксации. Поэтому радиационные вулканизаты проявляют значительно большую стойкость при термомеханическом воздействии по сравнению с термическими.

Действительно, в ряде случаев было установлено, что радиационно вулканизованные полимеры имеют весьма малые остаточные деформации, повышенную термостойкость и лучшую сопротивляемость тепловому старению по сравнению с резинами, полученными другими видами вулканизации.

Непосредственное облучение саж в присутствии и в отсутствие воздуха, а также радиационнохимическое "пришивание" на их поверхности физически адсорбированных соединений дает возможность изменять (модифицировать) их свойства.

Нами были получены модифицированные таким образом термическая и канальная сажи.

* Работа выполнена Л.И. Любчанской.

** Работа выполнена Н.Н. Лежневым.

-9-

Первая является практически чисто углеродной сажой, вторая имеет весьма сильно окисленную поверхность (см. табл. 4).

Введение таких саж в бутадиен-стирольный каучук низкотемпературной полимеризации (СКС-30А) значительно влияет на физико-механические свойства резин, полученных термовулканизацией.

Облучение термической сажи небольшими дозами (20-40 Мр) как на воздухе, так и в вакууме приводит к снижению равновесного модуля, т.е. делает сажу более "мягкой".

Результаты приведены в табл. 5.

Таблица 5

Влияние облучения термической сажи на характер её взаимодействия с каучуком

Характеристика термовулканизатов	Доза в Мр	Равновесный модуль E_{∞} кг/см ²
Термовулканизат СКС-30А с необлученной сажой	-	9,8
Термовулканизат СКС-30А с сажой, облученной на воздухе	46	6,0
Термовулканизат СКС-30А с сажой, облученной в вакууме	46	4,7

Однако увеличение дозы облучения на воздухе приводит к нивелировке разницы между свойствами облученной и необлученной термической сажи, что показано на рис. 8.

Облучение термической сажи с предварительно физически адсорбированными на её поверхности веществами (ускорителем МБТ-меркаптобензотиазолом, антиоксидантом ФЭНА -фенил- β -нафтиламином, серой и каучуком СКС-30А) приводит к заметному росту равновесного модуля (табл. 6) и изменению физико-механических свойств полученных термовулканизатов (рис. 9).

-10-

Таблица 6

Влияние ингредиентов резиновых смесей, химически связанных с поверхностью термической сажи действием ионизирующего излучения, на взаимодействие сажи с каучуком

Характеристика термовулканизатов	Доза в Mr	Равновесный модуль E_{∞} кг/см ²
Термовулканизат СКС-30А с сажой, облученной на воздухе	46	6,0
Термовулканизаты СКС-30А с сажой, на которой "пришиты"		
каучук СКС-30А	52	6,7
антиоксидант ФРНА	"	7,9
ускоритель МБТ	"	9,0
сера	"	11,1

Значительное изменение свойств было обнаружено нами также в случае модификации поверхности канальной сажи, однако качественная и количественная характеристика происходящих изменений для этой сажи несколько отлична от результатов, полученных для термической сажи.

Использование ионизирующих излучений открывает большие возможности в области радиационной вулканизации некоторых насыщенных каучукоподобных полимеров, полиэтилена, наполнения этих материалов углеродными сажами.

Последнее вообще не применяется при других видах вулканизации (если таковая и осуществима, например с помощью перекисей).

Нами были получены радиационные вулканизаты силиконового каучука (полидиметилсилоксана) с канальной, печной и ламповой сажами и фторкаучука типа Kell-F, наполненного канальной и печной сажами*. Полученные материалы из этих насыщенных полимеров характеризуются высокими физико-механическими показателями.

Применение углеродной и "белой" саж в качестве наполнителей для силиконового каучука дает возможность получать резины с хорошей сопротивляемостью тепловому старению и исходными механическими показателями. Исключение представляет канальная сажа, с кото-

* Работа по исследованию радиационной вулканизации фторкаучука выполнена совместно с Ф.А. Галил-Оглы, Т.Н. Дюмаевой, А.С. Новиковым.

-II-

рой радиационные вулканизаты не теплостойки. Однако введение одновременно с канальной сажей "белой" сажи (по 30 в.ч. каждой на 100 в.ч. полимера) увеличивает теплостойкость вулканизатов.

Данные приведены в табл. 7.

Следует отметить ряд весьма ценных свойств радиационных вулканизатов фторкаучука типа Kell-F с канальной и "белой" сажами, которые не могут быть получены при химической (перекисной) вулканизации. В табл. 8 приведена общая характеристика физико-механических свойств этих вулканизатов.

Таблица 7

Физико-механические показатели радиационных вулканизатов полидиметилсилоксанового каучука, наполненных различными сажами

Вулканизаты	Доза в Мр	Проч- ность на разрыв $P, \text{кг/см}^2$	Отно- ситель- ное удли- нение $L, \%$	Максимум набуха- ния в % до и после старения при 250°C				Коэф. моро- зо- стой- кости при -60°	Темпе- рату- ра хруп- кости
				исхо- дя вул- ка- низ.	пос- ле 24 час.	пос- ле 200 час.	пос- ле 300 час.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Полидиметилси- локсан + 50 в.ч. каналь- ной сажи	15- 20	58- 60	300- 450	170	50	0	0	0,9	-
Полидиметилси- локсан + 50 в.ч. печной сажи	25- 30	35- 40	100- 150	130	165	130	120	-	ниже -74°
Полидиметилси- локсан + 50 в.ч. ламповой сажи	20	40	100	65	65	50	45	-	ниже -74°
Полидиметилси- локсан + 40 в.ч. "белой" сажи	22	30	125	100	130	140	135	-	ниже -74°
Полидиметилси- локсан + 30 в.ч. каналь- ной сажи + 30 в.ч. "бе- лой" сажи	15- 20	52- 55	220- 350	125	110	70	70	0,53	-

Таблица 8

Физико-механические показатели перекисных и радиационных вулканизаторов
фторкаучука типа Kellogg-F с канальной и "белой" сажей

Тип вулканизации	Наполнитель	Доза в Мр	Со-прог. разр. кг/см ² Р	Относительн. удлинение, % L	Остаточн. удлинение, % Р	Старение при 250°С										Набух. в ацетоне, %	% остат. деформ. при сжатии на 20°С и 150°С с час.	Кэфф. морозостойкости	Разрыв при 150°С Р, L, кг/см ² %
						3 суток		5 суток		10 суток									
						Р, кг/см ² %	Л, %	Р, кг/см ² %	Л, %	Р, кг/см ² %	Л, %								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Радиационная вулканизация	Канальная сажа	10	255	300	22	88	30	15	-	-	-	87	100	0	82	38	0,1	37	230
	"Белая" сажа	20	180	500	15	18	100	0	горят		-	-	-	-	166	51	0,19	24	225
	Печная сажа	30	93	300	7	24	100	8	24	70	0	-	-	-	68	45	0,12	19	100
Перекисная вулканизация	"Белая" сажа	-	261	270	2	Г о р я т		-	-	-	-	-	-	-	240	93	0,11	17	170
	Канальная сажа	-	200	50	0	Г о р я т		-	-	-	-	-	-	-	-	100	-	-	-

-13-

Р е з ю м е

1. На основе анализа полученного экспериментального материала можно сформулировать общие принципы составления рецептуры смесей для радиационной вулканизации:

а) основой для радиационной вулканизации могут служить двух-компонентные саже-каучуковые смеси;

б) вулканизирующие агенты (сера, перекиси), ускорители вулканизации (ТМТД, ДФГ, МБТ и др.), активаторы не должны вводиться в рецептуры смесей, предназначенных для радиационной вулканизации, как вещества бесполезные или даже препятствующие этому процессу. Таким образом, в значительной мере упрощается рецептура смесей.

2. Радиационные вулканизаты характеризуются высокими механическими свойствами. Их специфической особенностью является значительная термомеханическая устойчивость. Это последнее свойство обусловлено главным образом образованием химических связей сажа-каучук

3. Радиационная стойкость полимеров и их вулканизатов не определяется величиной энергии связей ввиду отсутствия избирательности поглощения энергии излучения.

Наблюдаются антибатность радиационной и термической устойчивости ряда каучуков (СКТ, СКФ, СКН, бутилкаучук) и поперечные связи $C-C$ и $C-S-C$ в вулканизатах.

4. Остается неясным вопрос о механизме весьма быстрого расхода двойных связей при облучении.

II

УСТАНОВКА С ИСТОЧНИКОМ γ -ИЗЛУЧЕНИЯ Co^{60}

АКТИВНОСТЬ 16 000г-экв. радия

Для проведения исследований радиационного воздействия на каучуки, резины и другие полимерные материалы была разработана специальная установка с источником γ -излучения Co^{60} активностью 16 000 г-экв. радия.

Основные параметры источника

Основные параметры источника γ -излучения (размеры и конфигурация облучателя, общая активность источника, средняя мощность

-14-

дозы и равномерность поля доз) определены условиями, необходимыми для облучения образцов высокополимеров, а также отдельных резиновых деталей. Весьма важным является требование высокой однородности поля доз облучения, поскольку облучению должны подвергаться объекты значительных размеров. Мощность дозы в рабочем объеме облучателя обусловлена необходимостью получения определенных интегральных доз в приемлемые сроки. Для достижения желаемых эффектов в полимерных материалах необходимы дозы порядка $10^7 - 10^8$ рентген.

На основе указанных требований была разработана конструкция полого цилиндрического облучателя с γ -источником Co^{60} общей активностью 16 000 г-экв. радия, что соответствует 10 000 кюри. Цилиндрический облучатель высотой 240 мм и средним диаметром 120 мм собирается из 75 стандартных ампулированных препаратов Co^{60} , расположенных в 3 ряда по высоте. Расчетная мощность дозы в центре источника составляет 570 р/сек и в объеме 400 см³ изменяется не более чем на $\pm 10\%$. Для ряда объектов возможно использование большего объема (700 см³), где неравномерность поля доз не превышает $\pm 20\%$. Для жидких объектов возможно использование всего внутреннего объема облучателя, равного 1700 см³.

Во внешнем поле источника при мощности дозы 400 р/сек и ниже возможно облучение в тех случаях, когда радиальная неоднородность поля несущественна.

Схема работы установки

В основу разработки данной установки положен принцип, заключающийся в том, что объект исследования неподвижен, а источник излучения на время облучения передвигается к объекту. Такая схема работы установки обеспечивает наилучшие условия для радиационно-химических экспериментов, а именно: возможность подведения к исследуемым объектам различных коммуникаций и дистанционное наблюдение за объектами в процессе облучения.

Для установки построена подземная камера с водяным колодцем для хранения источника, защищенная железобетонными стенами, потолком и лабиринтным входом (рис. 10). Имеется отдельная комната управления, смежная с лабиринтом.

При хранении источник находится на дне колодца со стенками из нержавеющей стали под защитным слоем воды толщиной 2,8 м, сни-

-15-

жающим дозу излучения до предельно-допустимой. Для облучения источник поднимается из колодца гидropневматическим механизмом. Объекты для облучения помещаются непосредственно над колодцем на рабочем столе и в охранный сосуд, в который входит источник.

Установка имеет специальный физико-химический пульт.* К облучаемым объектам подводятся жидкостные, газовые и электрические коммуникации. На рабочем столе предусмотрено помещение датчиков от приборов физико-химического пульта, позволяющих вести непрерывную запись температуры и давления в реакционных сосудах, а также дистанционно регулировать эти параметры. Возможно дистанционное определение расхода газов и жидкостей.

Механизм перемещения источника

Основной частью механизма перемещения источника является цилиндрический резервуар, заполняемый воздухом для подъема источника и водой для его опускания. Подача воздуха производится дистанционно с пульта управления установки. Резервуар с источником движется по дзум направляющим, благодаря чему источник перемещается строго по вертикали и точно входит в охранный сосуд. Предусмотрено устройство, с помощью которого в случае какой-либо неисправности механизма, дистанционно можно отделить облучатель от подвижной части механизма и сбросить его на дно колодца.

Система защиты от излучения

Загрузка препаратов Co^{60} в колодец производится по наклонному каналу в стене камеры. Препараты собираются в цилиндрическую кассету ручными манипуляторами на дне колодца под защитным слоем воды. При рабочем положении источника защиту от излучения обеспечивают железобетонные стены, потолочное перекрытие камеры и лабиринт. При этом в комнате управления мощность дозы значительно ниже предельнодопустимой.

Чтобы исключить всякую возможность попадания персонала под облучение разработана специальная система блокировки и сигнализации. На двери в лабиринт установлен засов, заблокированный с аппаратурой, управляющей перемещением источника. Эта блокировка делает невозможным подъем источника со дна колодца при открытой двери и

* Пульт сделан по образцу физико-химического пульта установки К-20000 в физико-химическом институте им. Карпова (Москва).

-16-

исключает возможность открывания двери при поднятом источнике. Кроме того, дверь заблокирована с дозиметрическим прибором, фиксирующим уровень излучения в камере.

На пульте управления помещаются: прибор, указывающий положение источника на любой глубине в колодце, световая сигнализация крайних положений источника и сигнализация, связанная с уровнем воды в колодце.

З а к л ю ч е н и е

1. Разработана и в настоящее время находится в стадии монтажа установка с источником γ -излучения Co^{60} активностью 16 000 г-экв радия для изучения радиационного воздействия на каучуки, резины и полимерные материалы.

2. Расчетная средняя мощность дозы составляет 570 р/сек во внутреннем объеме облучателя, равном 1700 см³. В объеме 400 см³ мощность дозы изменяется не более чем на $\pm 10\%$.

Л и т е р а т у р а

1. Кузьминский А.С., Никитина Т.С., Карпов В.Л.
Атомная энергия, 1, № 3, 137, 1956
2. Никитина Т.С., Кузьминский А.С., Оксентьевич Л.А., Карпов В.Л.,
Сб. трудов I-го Всесоюзного совещания по радиационной химии. Изд-во АН СССР, стр. 294, 1958
3. Charlesby A. *Atomics*, 1954, 2, №1, 12
4. Jackson W.W., Hale D. *Rubber Age*, 1955, 77, 865
5. Warrick E.L. *Ind. Eng. Chem.*, 1955, 47, 2388
6. Gehman S.D., Aurbach J. *Intern. J. Appl. Radiation and Isotopes*,
1956, 1, 102
7. Johnson B.L., Adams H.E., Barzan M. *Rubber World*, 1957, 137, №1, 73
8. Charlesby A., Groves D. *Rubber Chem. Techn.*, 1957, 30, 27
9. Charlesby A. *Proc. Roy. Soc.*, 1954, 222A, №1148, 60

- 17 -

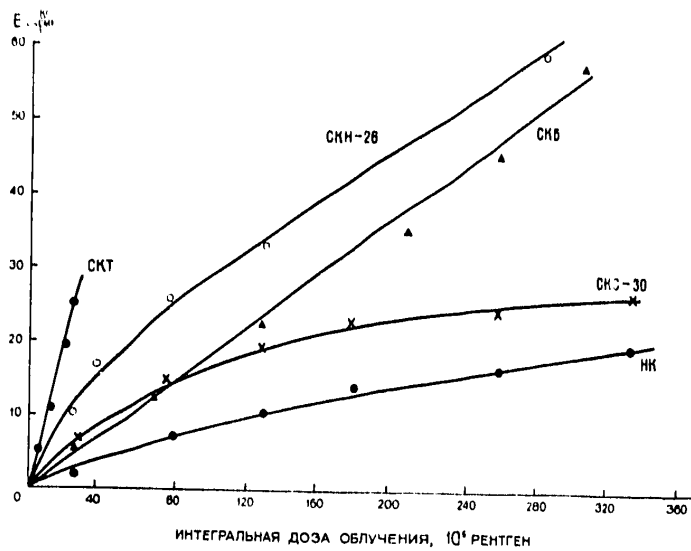


Рис.1. Скорость радиационной вулканизации различных каучуков

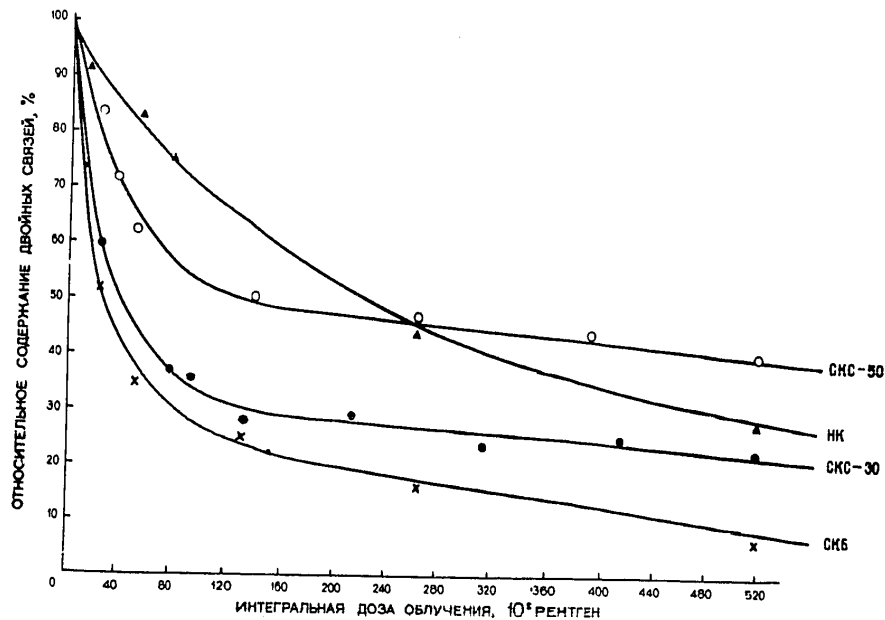


Рис.2. Расход двойных связей при радиационной вулканизации различных каучуков

- 18 -

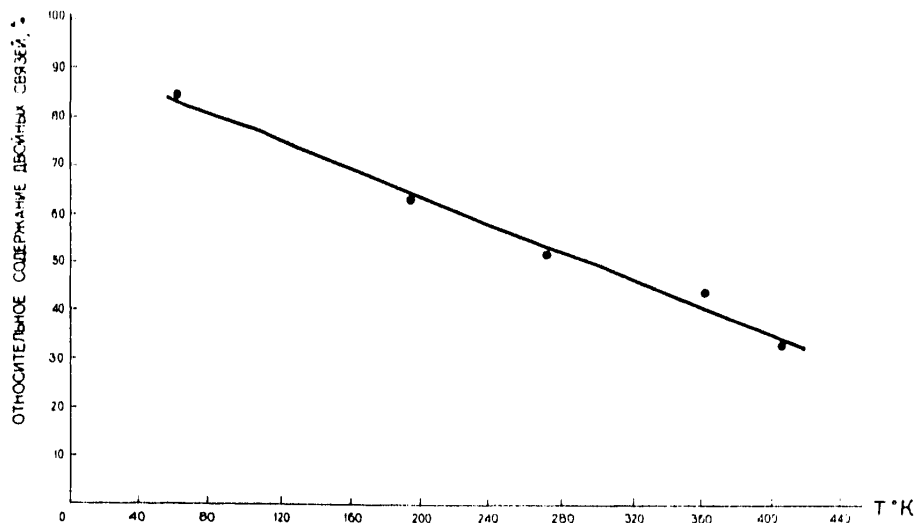


Рис.3. Влияние температуры на скорость расхода двойных связей в процессе радиационной вулканизации нитрил-бутадиенового каучука

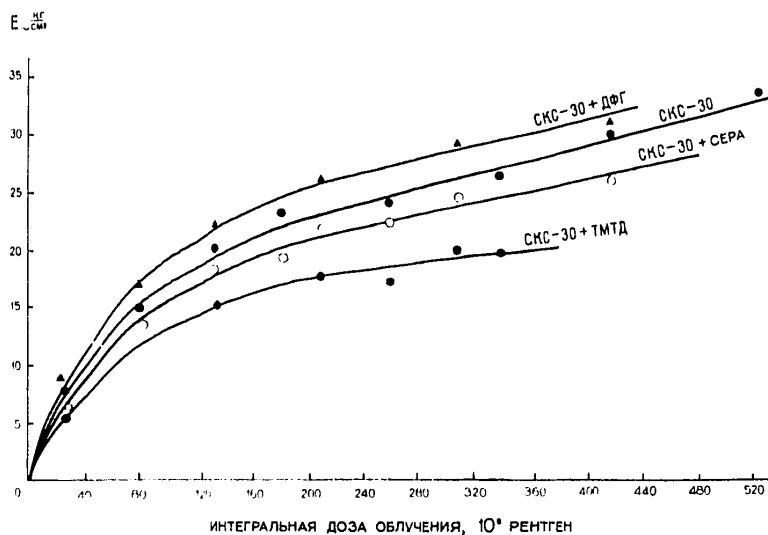


Рис.4. Влияние ингредиентов вулканизирующей группы на скорость вулканизации бутадиен-стирольного каучука. SKS-30 + ТМТД-бутадиен-стирольный каучук с 1,5 и 3,0% тетраметилтиурамдисульфида; SKS-30 + бутадиен-стирольный каучук с 0,5; 1,0; 1,5 и 3,0% серы; SKS-30 - бутадиен-стирольный каучук без добавок и с 1,5% меркаптобензотиазола; SKS-30 + ДФГ - бутадиен-стирольный каучук с 2% дифенилгуанидина

- 19 -

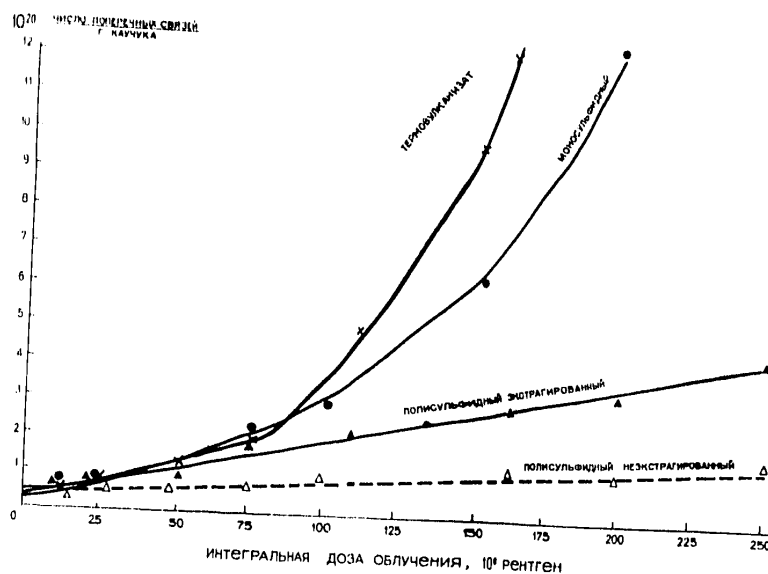


Рис.5. Влияние природы поперечных связей в вулканизатах натрий - бутадиенового каучука на скорость структурирования их под действием гамма-излучения

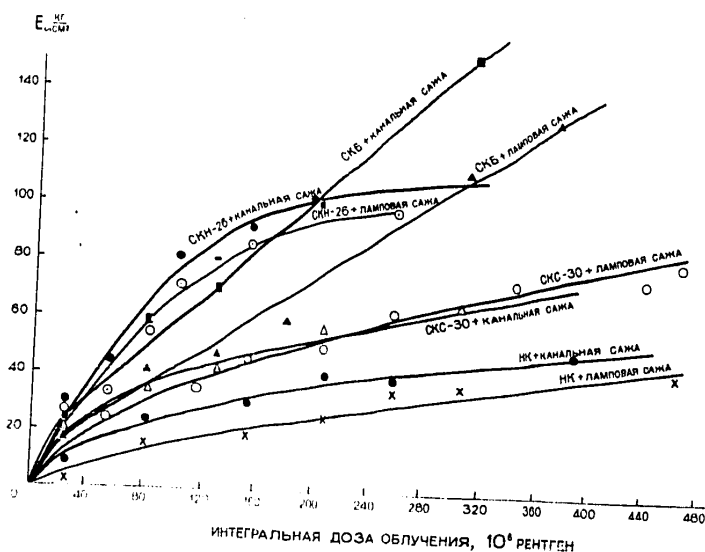


Рис.6. Влияние углеродных саж на скорость радиационной вулканизации различных каучуков

- 20 -

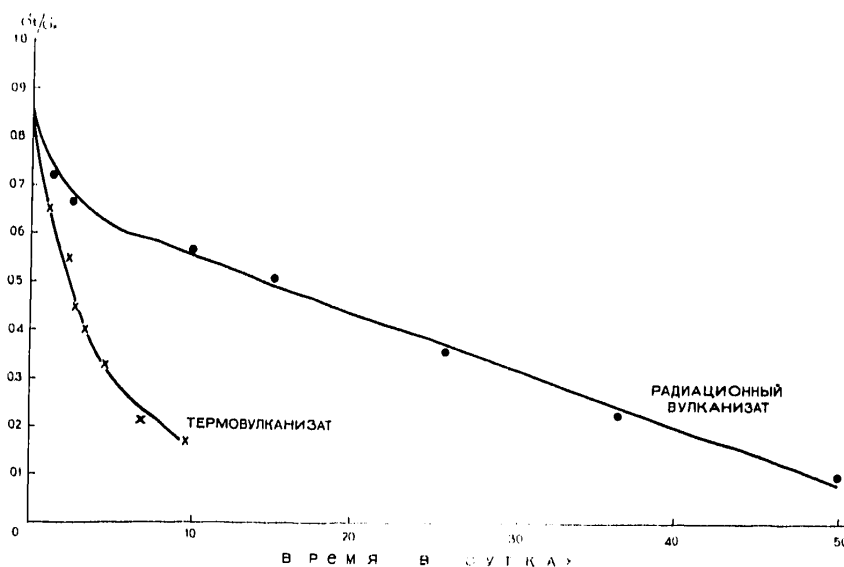


Рис.7. Влияние химических связей сажа-каучук на скорость химической релаксации

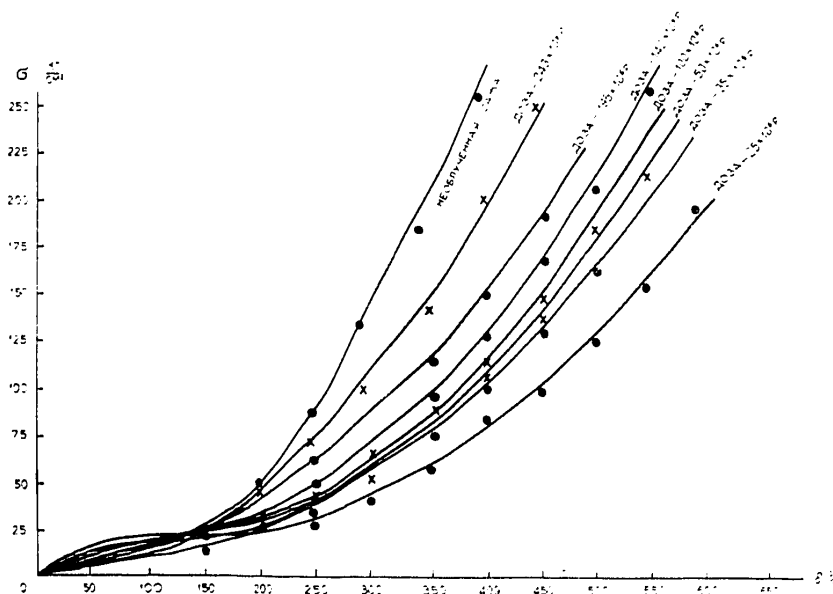


Рис.8. Влияние облученной термической сажи на механические свойства резин, изготовленных на основе бутадиен-стирольного каучука

- 21 -

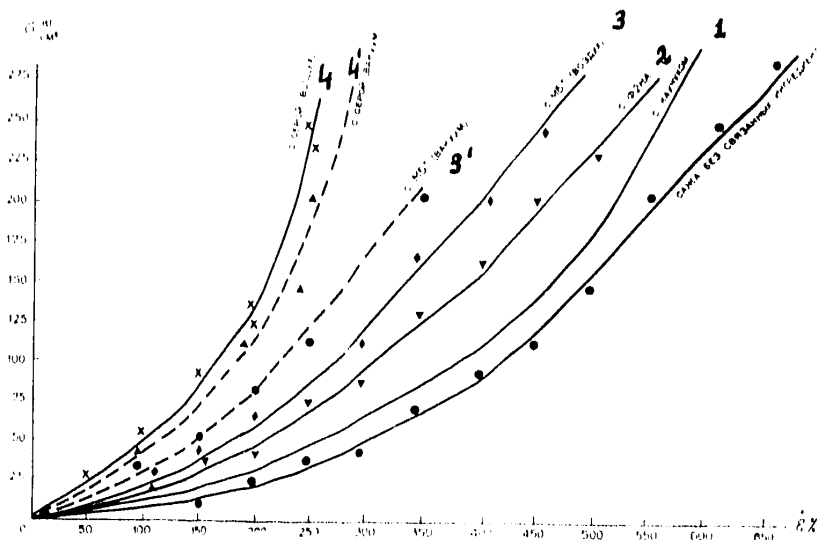


Рис.9. Влияние ингредиентов резиновых смесей, предварительно химически связанных с поверхностью термической сажи действием ионизирующего излучения, на механические свойства резин на основе бутадиен-стирольного каучука: 1-сажа с "пришитым" каучуком; 2-сажа "пришитым" фенил- β -нафтиламином (антиоксидан); 3-сажа с "пришитым" меркаптобензотиазолом; 4-сажа с "пришитой" серой

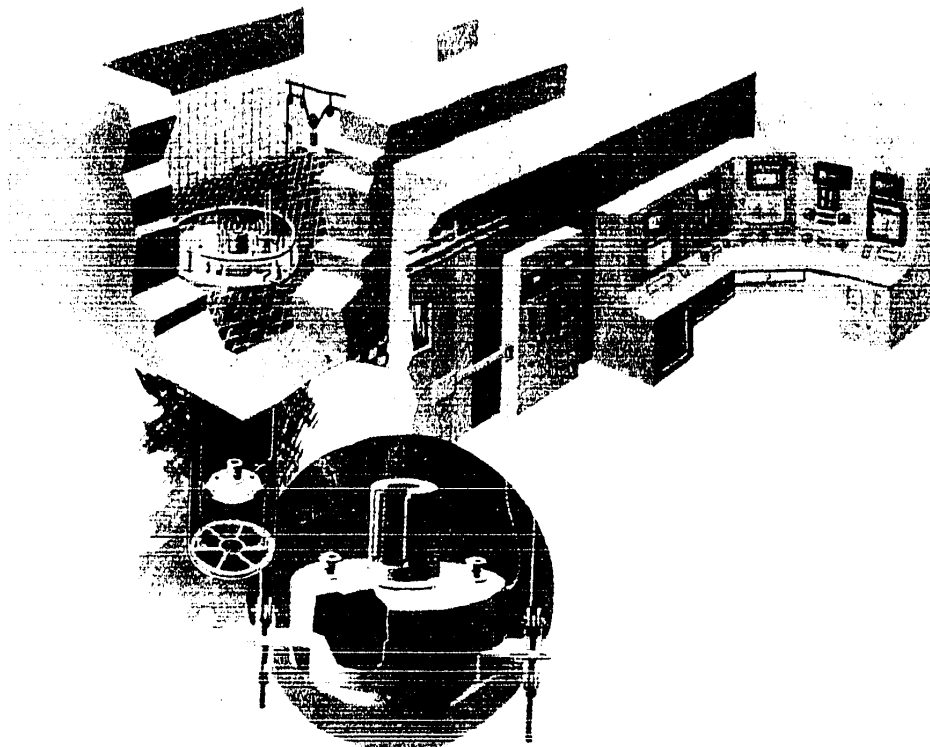


Рис.10. Установка с гамма-источником кобальта-60 активностью 16000 г-экв. радия